Die

Verwitterungsproducte von Gesteinen

der

Triasformation Frankens.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doctorwürde

vorgelegt der

hohen philosophischen Facultät

der

Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen

von

August Hiltermann

aus Lingen.

München 1889.

M. Rieger'sche Universitäts-Buchhandlung

(Gustav Himmer.)

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546422_0104

Die

Verwitterungsproducte von Gesteinen

der

Triasformation Frankens.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doctorwürde

vorgelegt der

hohen philosophischen Facultät

der

Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen

von

August Hiltermann

aus Lingen.

München 1889.

M. Rieger'sche Universitäts-Buchhandlung

(Gustav Himmer.)

Nachstehende Arbeit führte ich im Universitäts-Laboratorium für angewandte Chemie auf Veranlassung und unter Leitung des Herrn Professor Dr. A. Hilger aus.

Ich entledige mich der angenehmen Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer für seine mir bereitwilligst ertheilte Unterstützung meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

Die Bedeutung des eingehenden Studiums der Verwitterungsproducte für die Bodenbildung steht ausser Zweifel und bedarf in hohem Grade der Berücksichtigung mit besonderem Hinweis auf locale Verhältnisse. Um in dieser Richtung aufklärend zu wirken, wurde auf Veranlassung von Professor Hilger eine Versuchsreihe unternommen, welche beabsichtigte, Beiträge zu den Verwitterungsverhältnissen von Triasgesteinen zu liefern.

Zu meinen Versuchen wurden gewählt die Verwitterungsproducte des **Wellenkalkes**, **Schaumkalkes**, der **Myophorienbank**, der Bänke von **Ceratites nodosus**, sowie **Ceratites semipartitus**, endlich auch des **Grenzdolomites** und zwar waren es Verwitterungsschichten, welche direct dem Gesteine überlagert waren und als aus dem ursprünglichen Gesteine hervorgegangen angesehen werden können.

Dieses Material wurde von Professor v. Sandberger selbst gesammelt und mir durch Herrn Professor Dr. A. Hilger zur Verfügung gestellt.

Diese Materialien wurden im lufttrocknen Zustande durch ein Blechsieb mit ein Millimeter weiten Löchern in die eigentliche Feinerde und gröberen Gemengtheile getrennt, welche beide zur chemischen Untersuchung gelangten.

Ueber den Gang der chemischen Analyse mögen folgende Angaben zuerst Erwähnung finden:

Bei der chemischen Untersuchung wurden als Lösungsmittel benützt 1 % Essigsäure, 10 % HCl, indem die Essigsäure nur in der Kälte zur Einwirkung kam, die Salzsäure zwei Stunden bei Temperaturen der Siedhitze nahe auf den in Essigsäure unlöslichen Theil einwirkte.

Der nach dieser Behandlung bleibende Rückstand wurde mit Natrium-Carbonatlösung zur Beseitigung der hydratischen Kieselsäure behandelt, hierauf endlich die Aufschliessung des ungelösten Theiles mit Flusssäure vorgenommen.

In der essigsauren, salzsauren Lösung, sowie dem mit Flusssäure zersetzten Antheile wurden die Bestimmungen von Kieselsäure, Eisen, Thonerde, Kalk, Magnesia, Alkalien vorgenommen. Die Bestimmung der Gesammtmenge der Kieselsäure sowie der Phosphorsäure geschah in einer getrennten Portion durch Aufschliessung mit Natrium und Kaliumcarbonat, wobei nach Abscheidung der Kieselsäure in bekannter Weise die Phosphorsäure im Ammonniederschlage nach nochmaligem Schmelzen mit Soda in der so erhaltenen wässerigen Lösung mit Hilfe von wässeriger Ammonmolybdat abgeschieden wurde.

Ausserdem wurde die Kohlensäure und Wasserbestimmung in dem Producte bestimmt, letztere im schwerschmelzbaren Rohre durch Glühen.

Von Arbeiten, welche sich mit dem Studium der Verwitterungsproducte der Sedimentärgesteine beschäftigen, sind zunächst die im Auftrage der Königlichen Centralstelle für die Landwirthschaft von E. v. Wolf unternommenen Untersuchungen zu nennen, die sich auf die oberen dolomitischen Schichten des Muschelkalkes[1]), ferner auf den bunten Sandstein in dessen oberen plattenförmigen Ablagerungen[2]) und endlich auf den grobsandigen Liaskalkstein von Ellwangen[3]) erstrecken. Hieran schliessen sich dann noch die umfassenden Untersuchungen von E. v. Wolf in Hohenheim über Gesteine und Verwitterungsböden aus dem Gebiete des weissen Jura.

Von den schon vorher angegebenen hier in Frage kommenden Gesteinen und Verwitterungsproducten bilden der Wellenkalk und Schaumkalk eine Gruppe für sich, die Ceratitesarten mit der Myophorienbank gehören der Muschelkalkformation an, während der Grenzdolomit als Endglied der Lettenkohlengruppe gegen den Keuper die höchst entwickelte Schicht der Trias von Würzburg bildet.

---

[1]) Siehe Jahresheft des Vereins für vaterländische Naturkunde. Jahrgang 1860, S. 70—103.

[2]) Ebendaselbst. Jahrgang 1867, S. 78—107.

[3]) Ebendaselbst. Jahrgang 1871, S. 66—110.

Der Wellenkalk.

Aus dem Gebiete des Wellenkalkes standen zur Verfügung: Verwitterungsschichten von der Hauptschichte des Wellenkalkes, sowie vom Schaumkalke. Die Resultate der chemischen Analysen folgen in nachstehender Tabelle I.

Zu diesen Darstellungen der Resultate der chemischen Analyse sei bemerkt, dass „Lösung durch Flusssäure" sämmtliche in Essigsäure und Salzsäure unlöslichen Bestandtheile einschliesst, dass ferner „Kieselsäure in kohlensaurem Natron löslich" jene Kieselsäuremengen angibt, die durch die Einwirkung der Essigsäure, sowie Salzsäure zur Abscheidung gelangten, vorwiegend dem zeolithischen Silicat angehören, daher als lösliche Kieselsäure auch bezeichnet werden können. Die Kieselsäuremengen, welche in der Flusssäurelösung vorkommen, repräsentiren die Gesammtmenge Kieselsäure des Gesteins, nach Abzug der sogenannten löslichen Kieselsäure.

Wenn man die Resultate der Gesteinsanalysen mit denen der Verwitterungsproducte vergleicht (siehe Tabelle I), so überzeugen wir uns auch hier zunächst von der bekannten Thatsache, dass bei der Zersetzung, die durch Einwirkung von Wasser, Sauerstoff und Kohlensäure auf die Gesteine hervorgerufen wird, bei kalkreichen Gesteinen in erster Linie kohlensaurer Kalk ausgewaschen wird.

Dieselbe leichte Zersetzlichkeit soll auch bei der Verwitterung nach der Ansicht von Wolf die Magnesia erfahren. Diese Ansicht wird nicht vollständig aufrecht zu erhalten sein, da sich herausstellte, dass gerade die Magnesia bei der Verwitterung wohl den grössten Widerstand leistet, und somit auch mit vollem Recht als Endglied der Verwitterung von Kalksteinen betrachtet werden darf.

Zur Begründung dieser Behauptung sei zunächst auf die Angaben von Bischoff[1]) verwiesen.

Bischoff stellte mehrere Versuche an, indem er mit Kohlensäure gesättigtes Wasser auf Kalksteine einwirken liess. Die Resultate dieser Versuche zeigten, dass gar keine oder höchstens Spuren von kohlensaurer Magnesia in Lösung gingen. Auch bei Kalksteinen, die über 11 Procent Magnesia enthielten, zeigten sich dieselben Erscheinungen.

---

[1]) Bischoff, physik. u. chem. Geologie. Bd. 3, S. 81.

Dasselbe Resultat fand Scheerer[1]) bei einem über 9 Procent kohlensaurer Magnesia enthaltenden Gestein.

Dieser feinkörnig krystallinische Kalkstein wurde möglichst fein gepulvert, mit Wasser übergossen und dann 30 Stunden einem starken Kohlensäurestrom ausgesetzt. Auch hier ergab das Resultat eine beträchtliche Menge kohlensauren Kalk, während nur eine geringe Menge kohlensaures Magnesia gelöst wurde, Spuren die im Verhältniss zu der vorhandenen Kalkmenge so unbedeutend waren, dass Scheerer eine nähere Bestimmung für durchaus überflüssig erachtete.

Dölter und Hörnes[2]) liessen auf einen röthlich grauen Kalkstein der Marmolata, der nahezu 14 Procent kohlensaure Magnesia enthielt, im feingepulverten Zustande 48 Stunden einen Kohlensauerstrom einwirken und fanden neben kohlensaurem Kalk nur Spuren von Magnesia in Lösung. Wenn an dieser Stelle dann weiter die Vermuthung ausgesprochen wird, dass es bei längerer Einwirkung eines Kohlensäurestromes als wahrscheinlich betrachtet werden müsse, dass bei anhaltender Einwirkung desselben bedeutende Mengen von kohlensaurer Magnesia in Lösung gehen müssten, so muss ich auch dieser Ansicht entschieden entgegentreten und werde durch die auf dem hiesigen Laboratorium analysirten Verwitterungsproducte den Beweis führen, dass durch die Einwirkung kohlensäurehaltiger Gewässer auf Kalksteine, die kohlensaure Magnesia in den zurückbleibenden Kalkmassen immer mehr concentrirt wird.

Und aus diesem Grunde ist man auch wohl zu der Annahme berechtigt, dass bei anhaltender Einwirkung von kohlensäurehaltigem Wasser auf Kalksteine endlich ein gleiches Verhältniss zwischen kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia herbeigeführt wird und auf diese Weise dolomitische Kalke gebildet werden können.

Die Resultate meiner Analysen dürften schliesslich noch geeignet sein, die berechtigten Annahmen von Bischoff, Scheerer, Dölter und Hörnes in Bezug auf die äusserst schwere Löslichkeit der kohlensauren Magnesia zu begründen.

---

[1]) Siehe Jahrgang für Mineralogie 1866. S. 11.

[2]) Siehe Jahrbuch der geol. Reichsanstalt 1875. S. 328.

Wenn ich zunächst die Analysen der Gesteine und Verwitterungsproducte der Wellen- und Schaumkalke in Erwähnung ziehe, so ist aus den analytischen Belegen ganz klar zu ersehen, dass die enorm hohen Procentgehalte an kohlensaurem Kalk bei der Verwitterung bis auf verhältnissmässig kleine Mengen ausgewaschen wurden, dass dagegen die Magnesiamengen bedeutend zugenommen haben. Es enthielt der Schaumkalk im verwitterten Zustande 7 % Kalk und 4 % Magnesia, während im Wellenkalk nur 4 % Kalk und 2,46 % Magnesia sich vorfanden.

Auch die Analysen der Grenzdolomite entscheiden für die Richtigkeit oben ausgesprochener Behauptung. Das Gestein, welches 54,69 % Kalk und 3,69 % Magnesia enthält, ist als Verwitterungsproduct in Bezug auf Magnesiagehalt vollständig umgewandelt. Denn der Boden des Grenzdolomit ergibt 11,96 % Kalk und 5,83 % Magnesia; die Feinerde des zerfallenen Grenzdolomit enthält 12,16 % Kalk und 5,79 % Magnesia. Es ist also auch durch diese Zahlen bewiesen, dass die kohlensaure Magnesia sich im Verwitterungsproducte fast um das doppelte vermehrt hat.

Einen noch schlagenderen Beweis liefern die Ceratitesbänke. Der halbzerfallene Schieferthon des Ceratites nodosus hat einen Gehalt von 12,26 % Kalk und 9,25 % Magnesia : „10,25 % wäre Normal-Dolomit 1 : 1.“

Die Feinerde von Ceratites nodosus enthält 11,50 % Kalk und 10,95 % Magnesia. Die Rückstände 16,87 % Kalk und 11,30 % Magnesia. Einen noch bedeutenderen Magnesiagehalt hat Ceratites semipartitus. Hier finden wir das Verhältniss des Kalkes zur Magnesia wie 20,74 : 15,95.

In noch eclatanterer Weise wird die Schwerlöslichkeit der Magnesia durch kohlensäurehaltige Wasser durch die Resultate des Waldbodens der Myophorienschicht bestätigt. Während wir hier den geringsten Procentgehalt an Kalk vorfinden, nämlich 2,48, ergibt sich beinahe die dreifache Menge Magnesia.

Aus allen diesen Analysen wird also hinlänglich bewiesen, dass der Magnesiagehalt überall, bald in bedeutenden, bald in überraschend grossen Mengen zugenommen hat und somit die Annahme von Bischoff, Scheerer, Dölter und Hörnes bestätigen. Sie liefern also den Beweis, dass kohlensäurehaltige Wasser auf die Löslichkeitsverhältnisse der Magnesia einen kaum in Betracht zu ziehenden Einfluss ausüben und desshalb dürfte denn auch oben

aufgestellte Behauptung von Bischoff, Scheerer etc., dass die Magnesia bei der Verwitterung wohl den grössten Widerstand leistet und daher als Endglied der Verwitterung von Gesteinen zu betrachten ist, wohl als bewiesen erachtet werden.

Die Phosphorsäure hat in agriculturchemischer Beziehung ein ganz besonderes Interesse und die bedeutende Zunahme, die beim Schaumkalk 1,80 % beträgt, beweist ganz klar das Vorhandensein von aussergewöhnlich grossen Mengen von Petrefacten in beiden Verwitterungsproducten. Vielleicht kann der bedeutende Procentgehalt an Phosphorsäure auch dadurch begründet werden, dass die Phosphorsäure durch eine hundert-, ja vielleicht tausendjährige wilde Vegetation, in letzter Zeit vielleicht in Folge der Cultur nach und nach dem Untergrunde entzogen und in den obersten Schichten des Bodens concentrirt wurde. Es wäre gewiss wünschenswerth und für die Landwirthschaft von ganz besonderem Interesse, wenn man ein sicheres Mittel hätte, um denjenigen Theil der Gesammtphosphorsäure des Bodens genau zu bestimmen, welcher in erster Linie und verhältnissmässig leicht von den Pflanzen absorbirt wird. Durch die chemische Analyse hierüber genauen Aufschluss zu erhalten, ist aber noch schwieriger als bezüglich des Kalis. Immerhin ist es aber im vorliegenden Fall von nicht zu unterschätzender Bedeutung, dass im Wellenkalk, besonders aber im Schaumkalk so bedeutende Mengen von Phosphorsäure, dieses so wichtigen Pflanzennährstoffes vorhanden sind. Eine rationelle Bearbeitung eines solchen Bodens muss im Laufe der Jahre lohnende Ernteerträge liefern.

Auch der Gehalt an Alkalien ist in agriculturchemischer Hinsicht von grosser Bedeutung. Die Gesteine als solche zeigen in Bezug auf ihren Kali- und Natrongehalt ein ziemlich gleiches Verhalten. Bei den entsprechenden Verwitterungsproducten finden wir dagegen die interessante Thatsache, dass, je energischer die Lösungsmittel waren, auch der Natrongehalt sich in steter Zunahme befindet. Diese Resultate stimmen mit den werthvollen und zahlreichen von Lemberg[1]) zur Kenntniss der Bildung und Umwandlung von Silicaten ausgeführten Analysen überein. Kieselsaurer Kalk zeigt mit kieselsaurem Alkali ein grosses Vereinigungsbestreben.

---

[1]) Z. deutsch-geolog. Gesellschaft 1884.

Kalk und Natron haltige Zeolithe treten aber in bedeutend grösserer Zahl auf, als Kalk und Kali haltige und es ist desshalb auch sehr wahrscheinlich, dass diesem „Sich meiden“ von Calcium und Kalium einerseits und das häufige Zusammensein von Calcium und Natrium in den Silicaten andererseits, bestimmten Gesetzen unterworfen ist, und mit Affinitätsverhältnissen im Zusammenhange stehen muss.

Während sich in essigsaurer Lösung das Kali zum Natron verhält wie 1 : 01, finden wir in salzsaurer Lösung das Verhältniss von 1 : 0,13 und in der mit Flusssäure behandelten Lösung ein solches von 1 : 0,33.

Als Bestandtheile des Culturbodens nimmt das Natron nur eine untergeordnete Stellung ein, während vom Kaligehalt neben Phosphorsäure und Stickstoff die Güte eines Culturbodens abhängt. Die Gesammtmenge des Kalis zeigt in beiden Verwitterungsproducten das vier- bis fünffache von derjenigen des Natron und ist ausserdem zur Hälfte in mehr wenig löslicher Form vorhanden, während das Natron zum grössten Theile in schwer zersetzbaren Verbindungen in den Verwitterungsproducten auftritt.

In Bezug auf die Beurtheilung der Güte eines Bodens geben uns die Löslichkeitsverhältnisse des Kalis durch Einwirkung der verschiedenen Säuren gute Anhaltspunkte.

Vom Schaumkalk lösten sich in einprocentiger essigsaurer Lösung 13,8 %, in zehnprocentiger salzsaurer Lösung 36,6 % und in der mit Flusssäure aufgeschlossenen Lösung 49,6 % des Gesammtkali. Beim Wellenkalk ergaben sich fast ganz übereinstimmende Zahlen. Es lösten sich in einprocentiger essigsaurer Lösung 13,2 %, in zehnprocentiger salzsaurer Lösung 33,7 % und in der mit Flusssäure aufgeschlossenen Lösung 53,1 % des Gesammtkalis.

In beiden Fällen ist in der flusssauren Lösung fast ebensoviel Kali in Lösung gegangen, wie in den essig- und salzsauren Lösungen zusammengenommen. Diese absoluten Mengen des gelösten Kalis mit der Quantität des durch dasselbe Lösungsmittel zersetzbaren Thones zu vergleichen, ist schon aus dem Grunde besonders wichtig, weil die „thonige“ Substanz gleichsam der Träger und das Bindemittel des Kalis ist. Von den Mengenverhältnissen des Kalis im Thone ist die Fruchtbarkeit eines Bodens geradezu abhängig, da das Kali um so leichter von den Pflanzen absorbirt wird, je mehr im Thone enthalten ist, je enger also das Verhältniss von dem Kali zu der in der gleichen Lösung enthaltenen Thonerde sich gestaltet.

Tabelle IIa.

	Ceratites			
	1 % $C_2H_4O_2$			
	Gestein	Zerfallener Schieferthon	Feinerde	Rückstände
Kieselsäure	—	0,4566	0,1600	0,1166
Eisenoxyd und Thonerde .	—	0,1833	0,1000	0,1500
Kalk	—	10,3333	9,8500	14,7600
Magnesia	—	3,3000	3,7000	4,9000
Kali	—	0,4833	0,6000	0,4166
Natron	—	0,0333	0,0666	0,0333
Phosphorsäure	—	—	—	—
Chlor	—	—	—	—
Summa	—	14,7898	14,4766	20,3765
Kieselsäure in Na_2CO_3 lösl.	0,319	2,6000	1,3833	2,5833
Wasser	1,390	4,4500	4,5000	3,9500
Kohlensäure	41,410	12,3300	9,4866	11,6166

Hiernach enthalten also Gestein und Verwitterungsproducte:

	Ceratites nodosus			
	Gestein	Zerfallener Schieferthon	Feinerde	Rückstände
In kalter Essigsäure löslich	—	14,7898	14,4766	20,3765
In kalter Salzsäure löslich	53,994	27,9999	19,1700	18,0666
Mit Flusssäure aufgeschl.	3,139	39,4099	52,0932	41,7399
Kieselsäure in Na_2CO_3 lösl.	0,319	2,6000	1,3833	2,5833
Wasser	1,390	4,4500	4,5000	3,9500
Kohlensäure	41,410	12,3300	9,4866	11,6166
Summa	100,252	101,5796	101,1097	98,3344

n o d o s u s

10% HCl				mit FH aufgeschlossene Lösung			
Gestein	Zerfallener Schieferthon	Feinerde	Rückstände	Gestein	Zerfallener Schieferthon	Feinerde	Rückstände
—	1,1333	1,7500	1,5333	2,669	9,6833	37,5333	23,8266
0,920	18,2333	6,7500	7,0333	0,139	26,8766	10,4933	14,7800
51,272	1,9333	1,6500	2,1183	0,007	—	—	—
0,928	4,2500	5,2500	4,9000	—	1,7000	2,0000	1,5000
0,258	0,7500	1,3500	0,8166	0,143	0,9000	1,7000	1,4000
0,353	0,1000	0,1200	0,0666	0,181	0,2500	0,3666	0,2333
0,150	1,6000	2,3000	1,6000	—	—	—	—
0,113	—	—	—	—	—	—	—
53,994	27,9999	19,1700	18,0666	3,139	39,4099	52,0932	41,7399
—	-	—	—	--	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	-	—	—	-	—	-	—

Berechnet man die procentische Zusammensetzung des Gesteins und der Verwitterungsproducte ohne Rücksicht auf den Grad der Löslichkeit der Bestandtheile, so findet man:

	Ceratites nodosus			
	Gestein	Zerfallener Schieferthon	Feinerde	Rückstände
Kieselsäure	2,988	13,8732	40,8266	28,0598
Eisenoxyd und Thonerde .	1,069	45,2932	17,3433	21,9633
Kohlensaurer Kalk	91,662	4,482	—	—
Phosphorsaurer Kalk . . .	--	3,492	5,021	3,492
Kohlensaures Magnesia .	1,148	19,339	18,100	22,178
Kali	0,401	2,1333	3,6500	2,6332
Natron	0,533	0,3833	0,5532	0,3332
Wasser	1,390	4,4500	4,5000	3,9500
Chlornatrium	0,211	—	—	—
Phosphorsäure	0,150	—	—	—
Kalk	0,007	8,133	8,779	14,986
Magnesia	—	—	2,337	0,739
Summa	99,559	101,5790	101,1101	98,3445

Tabelle IIb.

	Ceratites semipartitus		
	1% $C_2H_4O_2$	10% HCl	mit Flusssäure aufgeschlossen
Kieselsäure	0,1666	1,1833	17,4833
Eisenoxyd und Thonerde	0,1500	7,3500	14,0933
Kalk	17,2666	3,4833	—
Magnesia	7,9000	6,7500	1,3000
Kali	0,5533	1,2666	1,5333
Natron	0,0500	0,1833	0,4166
Phosphorsäure	—	1,1000	—
Schwefelsäure	—	—	—
Chlor	—	—	—
Summa	26,0865	21,3165	34,8265
Kieselsäure in Na_2CO_3 löslich	2,0833	—	—
Wasser	4,3000	—	—
Kohlensäure	11,1466	—	—

Hiernach enthalten also Gestein und Verwitterungsproducte:

	Ceratites semipartitus	Myophorienbank		
		untere	Verwitterung	obere
In kalter Essigsäure löslich	26,0865	—	5,4332	—
In kalter Salzsäure löslich	21,3165	55,239	15,2466	54,666
Mit Flusssäure aufgeschl.	34,8265	2,504	69,2166	1,824
Kieselsäure in Na_2CO_3 lösl.	2,0833	0,972	4,1833	0,633
Wasser	4,3000	2,279	5,4000	2,021
Kohlensäure	11,1466	38,810	1,3166	41,320
Summa	99,7594	99,804	100,7963	100,464

Myophorienbank								
1% $C_2H_4O_2$			10% HCl			mit Flusssäure aufgeschl. Lösung		
untere	Verwitterung	obere	untere	Verwitterung	obere	untere	Verwitterung	obere
—	0,1166	—	—	0,8000	—	1,619	50,3667	0,854
—	0,1000	—	1,565	9,3000	0,984	0,222	15,3000	1,241
—	1,8333	—	51,581	0,4000	51,431	0,185	0,2500	0,032
—	2,8000	—	0,269	2,5333	1,034	—	0,9333	—
—	0,5333	—	—	1,3333	0,294	0,089	1,7666	0,287
—	0,0500	—	0,794	0,1800	0,378	0,389	0,6000	0,410
—	—	—	0,257	0,7000	0,163	—	—	—
—	—	—	0,773	—	0,382	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	5,4332	—	55,239	15,2466	54,666	2,504	69,2166	1,824
0,972	4,1833	0,633	—	—	—	—	—	—
2,279	5,4000	2,021	—	—	—	—	—	—
38,810	1,3166	41,320	—	—	—	—	—	—

Berechnet man die procentische Zusammensetzung der Gesteine und Verwitterungsproducte ohne Rücksicht auf den Grad der Löslichkeit der Bestandtheile, so findet man:

	Ceratites semipartitus		Myophorienbank		
	Gestein	Verwitterung	untere	Verwitterung	obere
Kieselsäure	5,942	20,9165	2,591	55,4666	1,487
Eisenoxyd und Thonerde	2,171	21,5933	1,787	24,7000	1,225
Kohlensaurer Kalk	86,701	—	89,555	—	92,247
Phosphorsaurer Kalk	—	2,401	0,403	1,528	0,350
Schwefelsaurer Kalk	0,631	—	1,314	—	0,649
Kohlensaure Magnesia	1,213	21,286	0,564	2,514	1,271
Kali	0,310	3,3532	0,089	3,6332	0,581
Natron	0,890	0,6499	1,155	0,8300	0,765
Wasser	1,560	4,3000	2,279	5,4000	2,021
Chlornatrium	0,792	—	0,060	—	0,050
Kalk	0,495	19,4489	0,185	1,655	0,032
Magnesia	—	5,814	—	5,069	—
Phosphorsäure	0,975	—	—	—	—
Summa	101,680	99,7628	99,982	100,7938	100,678

der Myophorienbank geben dagegen ganz abweichende Resultate. In der unteren Myophorienbank sind in salzsaurer Lösung 0,766 % Natron nachgewiesen, während der Kaligehalt gleich Null ist.

In der oberen ist das Verhältniss von Kali und Natron anders gestaltet, da die Analyse 0,29 % Kali und 3,55 % Natron ergab. In der mit Flusssäure aufgeschlossenen Lösung ist in der unteren Bank die Natronmenge fünfmal, in der oberen dagegen doppelt so gross wie die des Kalis.

Bei den entsprechenden Verwitterungsproducten finden wir wieder die interessante Thatsache, dass der Natrongehalt sich in den schwer löslichen Antheilen des verwitterten Gesteins in steter Zunahme befindet. Im Ceratites semipartitus fand ich in essigsaurer Lösung 7,7 %, in salzsaurer Lösung 27,7 und in der mit Flusssäure aufgeschlossenen Lösung 64,6 % des gesammten Natrongehaltes. Aehnliche Resultate erhielt ich in den Analysen des halbzerfallenen Schieferthones, der Feinerde und des Rückstandes von Ceratites nodosus. Ich fand in entsprechender Reihenfolge in essigsaurer Lösung 8,7, 12,0, 10,0, in salzsaurer Lösung 25,8, 21,7, 20,0, in der mit Flusssäure aufgeschlossenen Lösung 65,5, 66,3, 70,0 % des gesammten Natrongehaltes. Im Waldboden der Myophorienschicht fand ich in essigsaurer Lösung 6,0, in salzsaurer Lösung 21,7 und in der mit Flusssäure aufgeschlossenen Lösung 72,3 % des Gesammtnatrons.

Die Gesammtmenge des Kali zeigt in allen hier betrachteten Verwitterungsproducten das fünf- bis achtfache von derjenigen des Natron.

Da die Löslichkeitsverhältnisse des Kalis durch Einwirkung der verschiedenen Säuren gute Anhaltspunkte für die Beurtheilung der Güte eines Bodens geben, so mögen auch diese hier Erwähnung verdienen.

Es lösten sich vom Ceratites semipartitus, dem halbzerfallenen Schieferthon, der Feinerde und des Rückstandes von Ceratites nodosus und endlich im Waldboden der Myophorienschicht an Kali in entsprechender Reihenfolge: in essigsaurer Lösung 16,5, 22,6, 16,5, 15,8, 14,6, in salzsaurer Lösung 37,8, 35,1, 37,0, 33,5, 36,7 und in der mit Flusssäure aufgeschlossenen Lösung 54,3, 42,3, 46,5, 50,7, 48,7 % der Gesammtmenge des Kalis. Fast dieselben Löslichkeitsverhältnisse, die ich beim Wellenkalk gefunden habe, treten

bei diesen Analysen auch wieder zu Tage, indem in den flusssauren Lösungen fast ebensoviel Kali gelöst wurde, wie in den essig- und salzsauren Lösungen zusammengenommen. Ausserdem erreichen die Kalimengen besonders beim Ceratites semipartitus, der Feinerde von Ceratites nodosus und dem Waldboden der Myophorienschicht einen bedeutenden Procentgehalt.

Die Lettenkohlengruppe.

Es wurden von v. Sandberger zur Feststellung der Grenze des Muschelkalkes und der Lettenkohlengruppe mehrere Profile aufgenommen, von denen besonders diejenigen vom Schalksberg bei Würzburg und von Rothhof zwischen Effeldorf und Rottendorf geeignet sind, die Abgrenzung beider Gruppen übersichtlich wahrzunehmen.

Die tiefste Lage der Lettenkohlengruppe bildet der glaukonische oder Bairdienkalk, dessen untere Schichten aus einer Bank mit gequetschten Schaalen der Myophoria Struckmanni und zahlreichen rothgefärbten Bairdien bestehen, während im oberen Theile die intensiv grün gefärbten, mit zahllosen Knochenresten und der Corbula triasina, besondere Erwähnung verdienen.

Dieser Bairdienkalk ist in der Gegend von Würzburg sehr verbreitet, die Fauna enthält 24 Arten, die in fast allen Bänken vorgefunden werden; vorzugsweise von der Fauna des obersten Muschelkalkes dadurch verschieden, dass in der Bairdienbank die Cephalopoden und Brachiopoden gänzlich fehlen, während sie durch das häufige Vorkommen einiger im Muschelkalk nur als Seltenheit vorhandenen Pelekypoden ausgezeichnet ist. Ueber den Bairdienkalken liegt ein graugrüner gegen 7 Meter mächtiger, an thierischen Resten im Ganzen armer Schieferletten, welcher von einem meist sehr verwitterten, graugelben Dolomit überlagert und von einer 0,2 Meter mächtigen Bank von blauem, sehr hartem Dolomit durchzogen wird. Hierauf folgen die auch für die Orientirung der Lettenkohlengruppe weit wichtigeren Cardinienschiefer, hellgraue, nicht selten faserige Thonschiefer von ebenso grosser Verbreitung und Beständigkeit wie der Bairdienkalk. Als Zwischenglied des Cardinienschiefers und des Cardiniensandsteins folgen dann gelbe dolomitische Mergel, diese in allen Niveaus der Lettenkohlengruppe sich wiederholenden und daher äusserst charakteristischen Gesteine.

Der etwa 4 Meter mächtige Cardiniensandstein hat im frischen Zustande eine hellgraue, im verwitterten schmutzig gelbgraue Farbe. Oben enthält er eine ganz von Cardinia trevis erfüllte Lage, denen sich dann dünne Bänkchen mit Estheria Singula und den selten vorkommenden Käfern anschliessen. Ueber dem Cardiniensandstein liegt dann der Hauptsandstein der Lettenkohle, welcher aus Quarzkörnern, Feldspathkörnern und Glimmerblättchen besteht und in unmittelbarer Nähe von Würzburg, am schönsten bei Estenfeld und am Faulenberge aufgeschlossen ist. Die Schichten zwischen dem Hauptsandstein und Grenzdolomit bestehen aus thonigen Sandsteinen, grünen und violetten Schieferthonen, braunen und hellgelben dolomitischen Mergeln. Als Endglied der Lettenkohlengruppe bildet der Grenzdolomit die höchst entwickelte Schichte der Würzburger Triasformation.

Diesen Dolomit als Gestein und in seinen verschiedenen Verwitterungsstadien zu analysiren, habe ich aus dem Grunde für geeignet und besonders wichtig gehalten, weil wohl kein Gestein die Aufmerksamkeit der Naturforscher mehr auf sich gelenkt hat, als gerade der Dolomit. Dieses Interesse wurde noch durch die Untersuchungen Buch's über das Vorkommen des Dolomit, seiner Lagerungsverhältnisse zu anderen Gesteinen und seines Entstehens gesteigert. Beachtenswerth und lehrreich sind auch Klipstein's[1]) Beobachtungen über Dolomitbildung an den Dolomiten der Lahngegenden. Fast alle diese Dolomite müssen als Uebergangsglieder des Kalksteines betrachtet werden. Man hat an mehreren Stellen die Beobachtung gemacht, dass die Dolomite den Kalkstein gangförmig durchschneiden und die Kalksteine dann mit einer 6—8 Fuss mächtigen Dolomitschicht überlagert werden.

Was die Entstehungsweise der Dolomite anbetrifft, so wurde von vielen Forschern die Vermuthung ausgesprochen, dass sich Dolomite auf hydrochemischem Wege aus den Kalksteinen gebildet hätten. Ohne auf die zahlreichen Theorien, welche die Dolomitbildung zu erklären versuchen, näher einzugehen, möchte ich hier nur auf die mineralogische Definition des Begriffes „Dolomit" hinweisen.

[1]) Karsten's u. v. Dechen's Archiv f. Mineralogie. Bd. XVII, S. 265.

Die Dolomite zeigen in ihrer chemischen Zusammensetzung sehr grosse Verschiedenheiten und erst den Arbeiten Rammelberg's verdanken wir Einsicht in die Constitution dieser Mineralien und der daraus gebildeten Gesteine. Rammelsberg stellt in Folge seiner und Anderer Arbeiten drei Typen auf, welche er Normaldolomit nennt, und auf die alle Dolomite zurückzuführen seien. Diese Normaldolomite haben folgende Zusammensetzung:

I.	Kohlensaure Kalkerde	1 At.	=	54,18
	Kohlensaure Magnesia	1 At.	=	55,82
				100,00.
II.	Kohlensaure Kalkerde	3 At.	=	63,95
	Kohlensaure Magnesia	2 At.	=	36,05
				100,00.
III.	Kohlensaure Kalkerde	2 At.	=	70,28
	Kohlensaure Magnesia	1 At.	=	29,72
				100,00.

Ein solches Verhältniss kann auch durch Einwirkung magnesiahaltiger Gewässer auf den Kalkstein herbeigeführt werden, indem der Kalkstein die in den Gewässern enthaltene Magnesia aufnimmt und kohlensaurer Kalk fortgeführt wird.

Ich lasse nun im Folgenden die Analysen dieses höchst wichtigen und durch seine eigenthümliche Bildung charakteristischen Gesteines folgen (siehe Tab. III) und werde dann ganz in derselben Weise, wie in den vorigen Abschnitten, die Resultate des Gesteines und der Verwitterungsproducte vergleichen, um auch hier die besonders für den Agriculturchemiker interessanten Veränderungen und Erscheinungen ausführlich zu besprechen.

Beachtenswerth ist auch hier wieder die bekannte Thatsache, dass die enormen Mengen Kalk, die im ursprünglichen Gestein enthalten sind, in den Verwitterungsproducten zum grössten Theil zurücktreten, also in Lösung gegangen sind.

Es lösten sich im Boden des Grenzdolomit und in der Feinerde des zerfallenen Grenzdolomit in entsprechender Reihenfolge in kalter Essigsäure 95,2, 95,5, in kalter Salzsäure 3,9, 3,4 und in der mit Flusssäure aufgeschlossenen Lösung 0,9, 1,1 der Gesammtmenge des Kalkes.

Für die schwere Löslichkeit der Magnesia geben uns die Analysen dieser Verwitterungsproducte ebenfalls vortreffliche Anhaltspunkte und Belege. Während die Gesammtmenge der Magnesia im

Tabelle III.

	Grenz-		
	1% $C_2H_4O_2$		
	Gestein	Verwitterungs-product	Verwitterungs-product zerfallen
Kieselsäure	—	0,1333	0,1333
Eisenoxyd und Thonerde . . .	—	0,1333	0,1666
Kalk	—	11,4000	11,6166
Magnesia	—	2,8333	3,3000
Kali	—	0,6666	0,5666
Natron	—	0,0666	0,0500
Phosphorsäure	—	—	—
Summa	—	15,2331	15,8333
Kieselsäure in Na_2CO_3 löslich .	0,1833	2,8333	1,9666
Wasser	0,3500	8,2500	3,9500
Kohlensäure	42,5000	11,2000	11,0666

Hiernach enthalten also Gestein und Verwitterungsproducte:

	Grenz-Dolomit		
	Gestein	Verwitterungs-product	Verwitterungs-producte zerfallen
In kalter Essigsäure löslich .	—	15,2331	15,8333
In kalter Salzsäure löslich . .	59,6030	10,0332	9,0997
Mit Flusssäure aufgeschlossene Lösung	1,2765	59,0832	59,3666
Kieselsäure in Na_2CO_3 löslich .	0,1833	2,8333	1,9666
Wasser	0,3500	3,2500	3,9500
Kohlensäure	42,5000	11,2000	11,0666
Summa	102,7128	101,6328	101,2825

Dolomit

10% HCl			mit FH aufgeschlossen		
Gestein	Verwitterungs-product	Verwitterungs-producte zerfallen	Gestein	Verwitterungs-product	Verwitterungs-producte zerfallen
0,0666	0,7000	0,7666	0,2666	49,2166	49,4500
0,0666	3,6666	3,0000	0,2333	6,5000	6,8666
54,5166	0,4666	0,4166	0,1833	0,1000	0,1333
3,4666	2,0000	1,8666	0,2333	1,0000	0,6333
0,1666	1,4000	1,3666	0,3000	1,7333	1,7000
0,0200	0,2000	0,1833	0,0600	0,5333	0,5833
0,1000	1,6000	1,5000	—	—	—
59,6030	10,0332	9,0997	1,2765	59,0832	59,3665
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—

Berechnet man die procentische Zusammensetzung des Gesteins und der Verwitterungsproducte ohne Rücksicht auf den Grad der Löslichkeit der Bestandtheile, so findet man:

	Grenz-Dolomit		
	Gestein	Verwitterungs-product	Verwitterungs-producte zerfallen
Kieselsäure	0,5165	52,8832	52,3165
Eisenoxyd und Thonerde	0,2999	10,2999	10,0332
Kohlensauren Kalk	87,345	10,851	10,654
Phosphorsauren Kalk	0,215	3,492	3,275
Kohlensaures Magnesia	7,767	12,250	12,177
Kali	0,4666	3,7999	3,6332
Natron	0,0800	0,7999	0,8166
Wasser	0,3500	3,2500	3,9500
Kalk	5,671	4,006	4,425
Summa	102,7110	101,6289	101,2805

Gestein 3,6999 % betrug, fand ich in den Ackerkrumen 5,8333 und 5,7999 % und von diesen Magnesiamengen wurden in essigsaurer Lösung 48,5, 56,9, in salzsaurer Lösung 34,4, 32,2 und in der mit Flusssäure aufgeschlossenen Lösung 17,1, 10,9 % der Gesammtmenge gelöst.

Es dürfte auch hier einiges Interesse bieten, die Kalk- und Magnesiamengen in den verschiedenen Lösungsmitteln miteinander zu vergleichen.

Der Gehalt an Phosphorsäure ist in beiden Verwitterungsproducten ein aussergewöhnlich grosser. Die Gründe hiefür habe ich in den vorigen Abschnitten zur Genüge dargelegt, auch hier zeigt die Fauna im Verhältniss zu den übrigen Schichten der Lettenkohlengruppe eine reichliche Menge von Arten thierischer Ueberreste.

Wenn ich beim Wellen- und Muschelkalk nachgewiesen habe, dass das Verhältniss zwischen Kali und Natron in den Gesteinen im Allgemeinen ein gleiches war, so weichen diese Verhältnisse im Grenzdolomit bedeutend ab. Denn es lösten sich in salzsaurer Lösung 35,7 % Kali und 25,0 % Natron, während in flusssaurer Lösung 64,3 % Kali und 75,0 % Natron in Lösung gingen. Bei den Verwitterungsproducten ist es auch hier wieder beachtenswerth, dass der Natrongehalt sich in den schwer löslichen Antheilen des verwitterten Gesteines in steter Zunahme befindet. Sowohl der Boden als auch die Ackerkrume des zerfallenen Grenzdolomit geben hiervon Zeugniss.

Ich fand in essigsaurer Lösung 8,3, 6,1, in salzsaurer Lösung 25,0, 22,4 und in der mit Flusssäure aufgeschlossenen Lösung 66,7, 71,5 % des Gesammtnatrons.

Die Gesammtmenge des Kali zeigt in beiden Böden das vier- bis fünffache von derjenigen des Natron.

Die Wichtigkeit der Löslichkeitsverhältnisse des Kali durch Einwirkung der verschiedenen Säuren zur Beurtheilung der Güte eines Bodens habe ich in den vorigen Abschnitten besonders hervorgehoben. Die Analysen der hier vorliegenden Böden ergeben ähnliche Resultate. Es lösten sich in essigsaurer Lösung 17,5, 15,6, in salzsaurer Lösung 36,8, 37,6 und in der mit Flusssäure aufgeschlossenen Lösung 45,7, 46,8 % der Gesammtmenge des Kali.

In beiden Böden ist die Menge und Zunahme des Kali in den verschiedenen Lösungen eine fast gleiche zu nennen.

Es folgt schliesslich die procentische Zusammensetzung der untersuchten Gesteine und Verwitterungsproducte in übersichtlicher Darstellung:

Gesammtmenge von	Ceratites semipartitus	Halbzerfallener Schieferton von Ceratites nodosus	Feinerde von Ceratites nodosus	Rückstände nach Beseitigung der Feinerde von Ceratites nodosus	Grenz-Dolomit	Boden des Grenz-Dolomit	Feinerde des zerfallenen Grenz-Dolomit	Waldboden der Myophorien-Schicht	Schaumkalkboden	Wellenkalkboden
Al_2O_3 Fe_2O_3 . . .	21,5933	45,2932	17,3433	21,9633	0,2999	10,2999	10,0332	24,7000	22,7999	9,9665
CaO . . .	20,7499	12,2566	11,5000	16,8783	54,6999	11,9666	12,1665	2,4833	7,0666	4,0499
MgO . . .	15,9500	9,2500	10,9500	11,3000	3,6999	5,8333	5,7999	6,2666	4,0666	2,4666
K_2O . . .	3,3532	2,1333	3,6500	2,6332	0,4666	3,7999	3,6332	3,6332	3,3665	3,3666
Na_2O . . .	0,6499	0,3833	0,5532	0,3332	0,0800	0,7999	0,8166	0,8300	0,6999	0,6999
SiO_2 . . .	20,9165	13,8732	40,8266	28,0598	0,5165	52,8832	52,3165	55,4666	50,4000	72,5666
P_2O_5 . . .	1,1000	1,6000	2,3000	1,6000	0,1000	1,6000	1,5000	0,7000	1,8000	0,6000
H_2O . . .	4,3000	4,4500	4,5000	3,9500	0,3500	3,2500	3,9500	5,4000	7,3500	3,9500
CO_2 . . .	11,1466	12,3300	9,4866	11,6166	42,5000	11,2000	11,0666	1,3166	3,1733	3,1400
Summa	99,7594	101,5796	101,1097	98,3344	102,7128	101,6328	101,2825	100,7963	100,7228	100,8061